

雪の観察

石坂雅昭

子どもの頃は、雪が降り出すと楽しくて外へ飛び出したものですが、大人になると「富山も雪さえなければ、良いところだが……。」といった考えになってきます。そこで、今年は消極的な冬の過ごし方はやめて、雪とつき合ってみようと考えました。つき合い方は、人それぞれの個性があってもよいのですが、まず相手を知るのが一番かと思えます。ここでは、私達が最も長くつき合わなければならない積もった雪（積雪）の観察を紹介しましょう。

変化する雪

雪が降り、それが積もり、やがてとけていくことは、誰でも知っている雪の変化の過程です。これを一つぶの雪にスポットをあてその変化をみるとどうなるでしょうか。まず、降る雪は、あらゆるみぞれを除くと、きれいな結晶だということはよく知られていますが、積雪の中の雪はどんな形をしているのでしょうか。ある程度時間のたった雪は、結晶ではありませんね。氷のつぶと呼ぶのがふさわしいようです。すると、雪の変化は、「結晶」→「氷のつぶ」→「水」となります。積雪はこのすべての過程を含んでいますから、積雪は変化することがわかるでしょう。粉雪がいつまでも軽いふわふわした状態のままでないことや春先にはザラザラとしたザラメ砂糖のような雪になってしまうことが、そのよい例です。いろいろな形をもった結晶（図-1）の雪が新雪として積もり、長くても数日たつと結晶の角がとれてまるみをおび、やがて氷のつぶになります。さらに、氷のつぶどうしがくっつき合って雪がしまってきます。

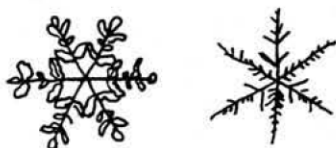


図-1 雪の結晶のスケッチ

その後、条件によってさまざまな過程をたどりますが、最後は割に大きい氷のつぶとなりザラメ砂糖のような状態となり、やがてとけてしまうのです。

ところで、なぜ結晶がまるみをおびてくるのでしょうか。結晶がいったんとけて再びこおるためにまるみをおびると考えられがちですが、たとえば決して0℃以上にならない寒い地方や高山の雪でもその結晶は氷のつぶに変わるのです。このしくみは、昇華・凝結によって氷の結晶のところがたところからよく水蒸気への昇華が起こり、へこんだところによく凝結するという水蒸気の移動に関係しているのです。

次に、氷の変化の中で考えておかなければならないのは、私たちが見ている氷というのはつめた場合でもマイナス20℃前後であり、ほぼ氷のただ温度0℃に近いということです。それは、例えば鉄でいえば、真赤になって、いまにもとけだす状態なのです。前に氷のつぶどうしがくっつき合うと書きましたが、この性質はとける寸前の氷だからこそ生じることが、鉄のことを考えればわかるでしょう。このような現象を一般に焼結

（しょうけつ）と呼んでいます。ねん土をこねて陶器をつくる場合も、かまの中でこの焼結現象がおこり、となり合ったねん土のつぶがくっついて硬い陶器ができるのです。前に述べた昇華・凝結とこの焼結の二つは、雪の変化を考えるうえでたいへん重要な現象です。つまり、積雪の変化の一生は、気温の上下によってとけたりこおったりしたり、重さによっておしつぶされたりするという、いわば外的な条件によって左右されるだけでなく、それを構成する氷（あるいは水）そのものの性質と深く結びついているということです。

積雪の断面の層構造を調べる

これから、積雪の観察法を、長年北海道で行なわれた積雪観測でまとめられた「積雪観測法」（日本雪氷学会）を参考にしてお話していきます。



図-2 雪の層構造の観察（川田邦夫氏提供）

まず、層をなして積もった雪の様子ですが、これは、雪をなるべく崩さないようにして雪穴を掘り、雪の断面を出して観察します。雪は一般にひと雪ごとに層を形成して積もるのですが、どこからどこまでが一回の降雪かをみわけるのはたいへんです。そこで、インクを10倍程度に薄めて霧吹きで断面に吹きかけ、トーチなどであたためてやると、層がインクの濃い薄いとなってよく見えるようになります（図-2）。インクの濃い線は、

かつて雪が降りやんで日射などを受け氷のつぶがくっつき合って密になったところです。氷のつぶが密になったところは、よくインクを吸って濃くなるわけです。注意深く観察して過去の降雪の時期とてらし合わせると、その層がいつ降った雪によってできたものかがわかり、その部分が積雪となってからどれだけたったかもわかります。

雪の温度をはかる

測定は 0°C 以下もはかれる温度計を断面に20cmほどさしこみ、10分間ほどたって測定します。断面をつくってから長時間たつと外気の影響が入ってきますから、この温度の測定は層構造の観察より前にすばやく行なう必要があります。普通は地面から垂直方向に10cm間隔に測定しますが、層構造に注目して測定点を選んでよいと思います。

雪の温度分布は一定していませんが、積雪が多い場合、地面と雪との境界ではほぼ 0°C となっています。 0°C は雪温の中では最高温度です。境界付近では地熱の影響で暖かくなっているわけです。

雪質の分類

フワフワとした新雪、しまってきた雪、さらにザラメ砂糖のような雪。このような雪の区別は、雪質のちがいに注目したわけ方です。日本雪氷学会では、雪質を積雪の中の氷のつぶの大きさや状態によって分類しています。積雪を薬品で固定して非常に薄い氷の板をそれから切り出し顕微鏡で

| 大 分 類 | 小 分 類 | 密 度 | 国 際 分 類 表 示 |
|--------|---------|-----------|-------------|
| 新 雪 | 新 雪 | 0.05~0.15 | ++++ |
| しまり雪 | こしまり雪 | 0.15~0.25 | //// |
| | しまり雪 | 0.25~0.50 | oooo |
| ざらめ雪 | ざらめ雪 | 0.3~0.5 | ●●●● |
| しもざらめ雪 | こしもざらめ雪 | 0.3前後 | □□□□ |
| | しもざらめ雪 | | ^^ ^^ |

表-1 雪質の分類

（日本雪氷学会 1967年）

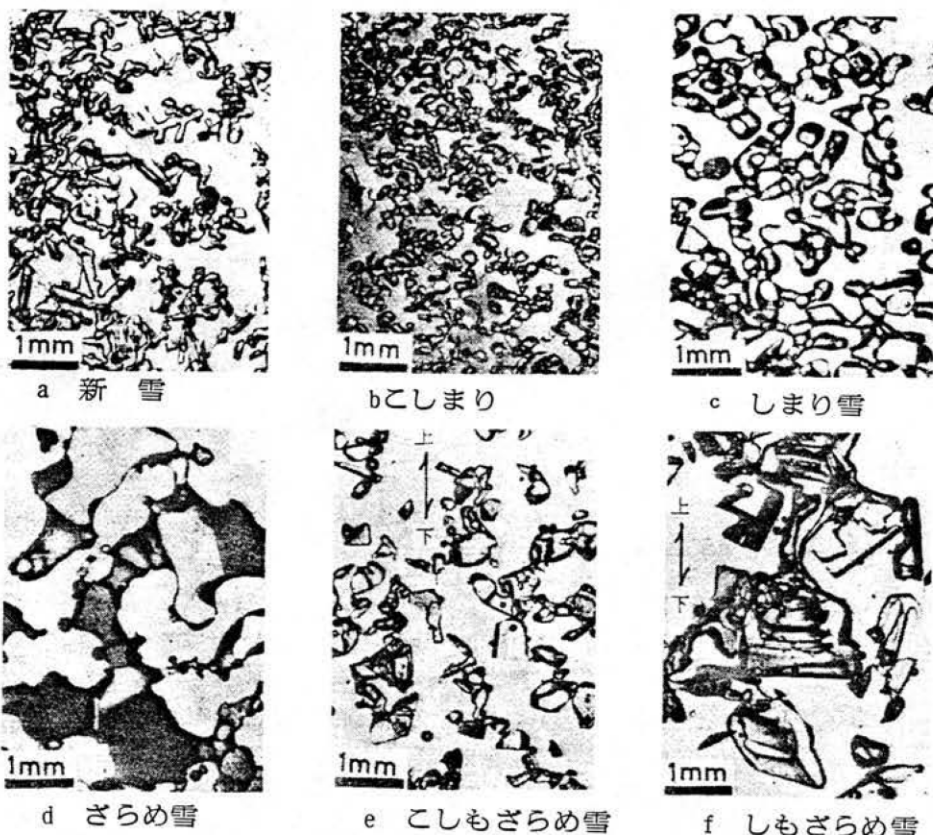


図-3 雪質による分類（薄片の顕微鏡写真）

積雪観測法（日本雪氷学会）より

観察します。しかし、すべてそこまでしなくてはならないこともなく、ザラメ砂糖のような雪がザラメ雪と分類されるように、目で見たりさわったりして大まかに分類できるので、それぞれの雪質がどんな特徴をもっているかお話ししましょう（表-1）。

新雪 降ってまもない雪で、誰でも知っているように、やわらかく軽いのが特徴です（図-3 a）。

しまり雪 新雪に含まれる結晶が氷のつぶとなり、互にくっつき合って網目のような状態になった雪をいいます。名のとおり、「しまった雪」です。表にある「こしまり雪」とは、新雪からしまり雪への過程でみられる、いわば中間の状態です（図-3 b, c）。

ざらめ雪 雪がしめりけをおびたり、あるいはとけた水がもとの氷のつぶをおおったまま再びこおって次第につぶが大きくなったものです。もちろん、くずれやすいのが特徴です（図-3 d）。

しもざらめ雪・こしもざらめ雪 寒気がおしよ

せてきて、雪の表面が冷やされると積雪の中に温度勾配ができ、下方の雪から昇華した水蒸気がすぐ上のより温度の低い層の雪の表面で結晶し成長するということが起こります。この時できるのがこの雪です。結晶が成長するので、氷のつぶにとがった部分が多くなります（図-3 e）。温度の勾配が大きくコップ状の形がみられる場合（図-3 f）があるので、特に二つを区別したい場合に図-3 eをこしもざらめ雪、図-3 fをしもざらめ雪と呼んで区別しています。アイスクリームの入っている冷蔵庫によくできる霜もこの仲間です。この雪は、氷のつぶ一つ一つは硬いのですが、つぶどうしの結びつきが弱くもろくくずれやすいため、なだれの原因にもなります。

含水率（雪が含む水の割合）

積雪は0℃より温度が低い場合は、水を含むことはありませんが、0℃になると水を含むようになります。北陸の雪は、しめりけが多くこの含水率を調べるのは大切なのですが、残念なことに簡



図-4 積雪の硬さの目安

単な測定器具はありません。よく使用されるのは結合熱量計というもので、温度のわかった湯と0℃の水を含む重さのわかった雪とをませ合わせて雪を全部とかし、その後の温度を計ることによって含水率を計算します。雪がある温度の水になるには、水よりも雪がとける分よけいに熱量が必要になることを利用しています。

密度と硬度

密度は雪を切り出しその重さと体積とを測り、重さを体積で割ることによって求めますが、雪質のちがいによってその値が異なるので、雪の層の厚さのちがいによって採雪器が工夫されています。 moreover, くずれやすい雪の時は注意する必要があります。

硬度は雪に力を加えた時のへこみ具合を測ることによってその目安としています。木下式硬度計がよく使われますが、私たちが手軽にできるものとして、指先やシャープペンシルを雪にさしこんで硬度の目安とする方法を図-4に紹介します。

これまで、一般に行なわれている自然の積雪の野外観測法をみてきましたが、観測例を図-5に示します。硬度は木下式硬度計でのものです。また、各層にふってあるa・b・cのアルファベットは、粒度すなわちつぶの大きさをあらわします(表-2)。この測定は方眼紙に雪をばらまき平均のつぶの大きさを求めることによって行なわれます。0℃になると水を含むことや、密度が必ずしも下方へ行けば大きくなるといえないことなどもわかります。

富山の雪

雪の研究は北海道でよく行なわれてきたので、富山の雪の特徴をみる場合も、北海道の雪と比較

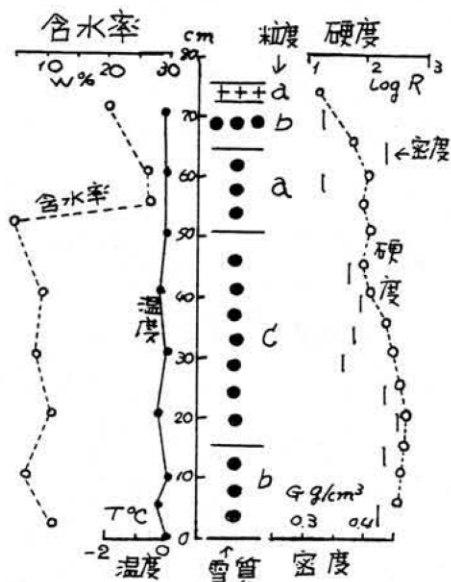


図-5 積雪の断面観測の例(1968年 富山)

| 粒 度 | 粒 径 |
|-----|--------------|
| a | 0.5 mm より小さい |
| b | 0.5~1.0 mm |
| c | 1.0~2.0 mm |
| d | 2.0~4.0 mm |
| e | 4.0 mm より大きい |

表-2 積雪の粒度 (国際分類 1954年) してどうかといわれます。特徴を一口に言うと、水を多く含む密度も大きくかたい雪だということです。富山で積雪(平地)の観察をすると新雪の下がほとんどざらめ雪であることが多いのですが、これは雪の変化がたいへん速いことを示しています。その変化の速さも手伝い、富山に降るしめった雪の細かい変化の機構はまだよくわかっていないのです。

おわりに

今まで述べてきたのは、自然の積雪についてですが、私たちの身のまわりには、たとえば道路にある踏みかためられた雪などたくさんの雪の状態があります。これらについても、調べてみたらどうでしょうか。

なお、この文章を書くにあたっては、富山大学の川田邦夫さんにいろいろ教えていただきました。この場をかりて、御礼申し上げます。

<いしざか まさあき: 物理担当主事>